

국내산 참당귀 추출물의 휘발성 향기성분

곽재진* · 이재곤 · 장희진 · 김옥찬
한국인삼연초연구원 화학부
(1998년 12월 5일 접수)

Volatile Flavor Components of the Domestic Angelica root(*Angelica gigas* Nakai) Extracts

Jae-Jin Kwag*, Jae-Gon Lee, Hee-Jin Chang and Ok-Chan Kim
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea
(Received December 5, 1998)

ABSTRACTS : Volatile flavor components of extracts produced from the domestic angelica root, which are oleoresin and absolutes type, for tobacco flavoring materials were isolated by solvent extraction method and were analyzed by GC and GC/MSD. And then volatile flavor components of oleoresin were compared with volatiles isolated from absolutes. A total of 65 components were identified in the angelica root extracts, from which 41 components were identified in the oleoresin volatiles, contained 15 hydrocarbons, 12 alcohols, 6 acids, 10 esters and 2 miscellaneous components. The major components were hexadecanoic acid (7.79%), methyl palmitate (6.49%), ethyl palmitate (2.02%) and sesquiterpenes and sesquiterpene alcohols, such as elemol (2.92%), γ -selinene (2.19%), β -selinene (2.02%), α -eudesmol (3.49%) and β -eudesmol (6.12%). On the other hand, volatiles of absolutes, from which 60 components were identified, contained 28 hydrocarbons, 14 alcohols, 5 acids, 10 esters and 3 miscellaneous components. The major components were hydrocarbons, such as undecane (5.11%), dodecane (3.10%) and pentadecane (1.14%), and α -muurolene (1.64%), γ -selinene (1.49%), β -selinene (2.12%), α -eudesmol (2.25%), β -eudesmol (4.87%), hexadecanoic acid (12.67%) and hexanoic acid (1.87%).

Key words : *Angelica* root, *Angelica gigas* Nakai, Volatile flavor components

당귀는 미나리과(Umbelliferae)에 속하는 다년생 식물로 전세계적으로 약 30개 품종이 재배되고 있는데 시리아가 원산지이나 최근에는 전세계적으로 광범위하게 재배되고 있으며 특히 북유럽 및 히말라야 지역에서 많이 재배되고 있다 (Groom, 1992). 우리나라에서는 주로 강원도 평창, 진부 지역에서 재배되고 있으며 개화기 전의 뿌리를 식용 또는 약용으로 사용하는데 한방에서는 진통, 진경작용

등의 효능을 갖는 것으로 알려져 있다(김종원 등, 1985).

또한 당귀는 독특한 향 특성 때문에 뿌리, 줄기, 씨앗 등을 원료로하여 oil, oleoresin 등의 형태로 가공되어 식품, 양념류 및 의약품 등의 향료로 폭 넓게 사용되고 있는데 제품담배에는 US List, UK List 등에서 뿌리, 씨앗 등을 가공한 oil 및 extracts 형태의 사용을 허용하고 있으며 이들은 담배

* 연락처 : 305-345, 대전광역시 유성구 신성동 302, 한국인삼연초연구원

* Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Shinsung-dong, Yusong-ku, Taejon 305-345, Korea

에 spicy, musky 향 특성을 부여하는 것으로 알려져 있다(TR staff, 1994; Leffingwell, 1997).

당귀의 향기성분에 관하여 많은 연구결과가 발표되었는데 Masada (1976), Forsen (1979) 등에 의해 당귀 뿌리의 향기성분 조성이 확인 되었으며, Kallio 등(1987), Nykanen 등(1991)은 초임계 CO₂ 추출장치를 이용하여 당귀의 향기성분을 확인한 바 있고 Taskinen (1975)에 의해 당귀의 musky한 향 형성에 중요한 역할을 하는 lactone 화합물들이 확인되었다. Racz 등(1978)은 당귀의 뿌리, 줄기, 잎, 꽃, 과실 등 부위별로 향기성분의 조성을 비교하여 뿌리와 잎에서는 α -pinene, β -pinene, 줄기는 caryophyllene, 꽃과 과실에서는 β -phellandrene이 주 성분임을 보고하였고 Ojala 등(1986)은 경작지별로 당귀 뿌리의 향기성분 조성을 비교하였다. Parczewski (1963), Formacek 등(1982)은 씨앗의 향기성분을 분석하여 limonene, β -phellandrene 등을 주 성분으로 보고하였다. 또한 당귀의 향기성분에 관해서는 Matsukura (1981)에 의해 총설로서 보고된 바 있으며 Lawrence에 의해 정기적으로 총설이 발표되고 있다(Lawrence, 1977, 1981, 1982, 1989, 1996).

제품담배의 제조를 위해서는 많은 종류의 향료가 첨가되는데 이들 첨가되는 향료에 의해 담배의 물리적 특성, 외향 및 깃미 특성에는 많은 변화가 일어날 수 있으며 특히 담배용 향료는 사용 목적 및 용도에 따라 용해성, 비중과 같은 물리화학적 특성을 달리하여 제조되어야 한다. 대부분의 향료 회사에서는 같은 향료자원을 사용하여 oil, oleoresin, extracts, absolutes, tincture, WONF 등 목적 및 용도에 따라 다양한 형태의 가향료를 제조하여 시판하고 있다.

제품담배에 첨가되는 가향료는 사용 목적에 따라 casing류와 top flavor류의 크게 두가지로 구분되는데 casing은 주로 담배의 맛을 개선 또는 증진시키는데 사용되며 수용성이어야 하고 장기간 보관시 변질이 되지 않는 특성을 가져야 한다. 반면에 top flavor는 주로 담배에 외향 특성을 부여하기 위해 사용되며 알코올 용해성이어야 하고 유동성이 좋아야하며 원료물질 특유의 향 특성을 유지하여야만 한다(Abdallah, 1970).

당귀를 이용한 가향료 역시 다양한 형태로 제조되어 시판되고 있는데 아직까지 이들 당귀를 원료로 하여 제조된 추출물의 향기성분 특성에 관해서는 Taskinen 등(1975)에 의해 유럽산 당귀(*Angelica archangelica* L.) 뿌리의 oil과 식품향료로 사용할 목적으로 제조된 알코올 추출물의 향기성분을 비교한 보고 이외에는 체계적으로 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 국내산 참당귀(*Angelica gigas* Nakai) 뿌리를 원료로 하여 담배향료로 사용이 가능한 형태인 수용성의 oleoresin과 알코올 용해성의 absolutes 형태의 추출물을 제조한 후 이들의 향기성분 조성을 분석하여 담배용 가향료로서의 활용 가능성을 모색하였다.

재료 및 방법

재 료

원료로 사용된 당귀 뿌리는 강원도 평창 지역에서 재배된 것을 1997년 5월경에 산지에서 직접 구입하여 두께 1mm 이하로 절단하여 사용하였다.

추출물들의 제조에 사용된 용매로는 국내산 특급 이소프로필 알코올, 헥산, 에틸알코올을 사용하였고, 그 외 시험에 사용된 시약은 외산 특급을 사용하였다.

추출물 제조

Oleoresin은 당귀 뿌리 10kg에 50% 이소프로필 알코올 용액을 8배 가하여 2회 추출한 후 여과하고 여과액은 고형분 함량이 80%가될 때 까지 농축하여 제조하였다. 이 때 추출기 및 농축기의 온도는 50℃ 이하로 유지하였다.

Absolutes의 제조는 당귀 뿌리 20kg에 hexane을 8배 가하여 2회 추출한 후 여과 및 농축하여 concretes를 제조하고 제조된 concretes를 에틸 알코올로 추출하여 추출된 에틸 알코올 증을 여과 및 농축하여 absolutes로 하였다. 이 때도 추출기 및 농축기의 온도는 50℃ 이하로 유지하였다.

향기성분의 분리

향기성분은 용매추출법을 사용하여 분리하였다. 제조된 추출물들을 diethyl ether로 2회 추출하고

추출된 diethyl ether 층을 물로 3회 세척한 후 감압 농축기로 40℃ 이하에서 농축하였다. 그 뒤 농축물을 silica gel 60(Merck제 Art. 7734)을 충전한 칼럼에 흡착시킨 후 용출용매로 diethyl ether를 사용하여 ether 가용성 분획을 무수 황산나트륨으로 탈수, 여과한 다음 위에서와 같은 방법으로 농축하여 관능검사 및 분석시료로 하였다.

향기성분의 분석조건

분리된 향기성분은 미국 Hewlett Packard사 모델 HP5890/5970B Gas Chromatography/Mass Selective Detector를 사용하여 분석하였다. 분석조건으로는 column은 Innowax(60 m x 0.2 mm i.d) fused silica capillary를 사용하였고, 온도는 50℃에서 3분간 유지한 후 220℃ 까지 분당 2℃로 승온시키고 220℃에서 20분간 유지하였다. Injector 및 interface 온도는 270℃, ionizing voltage는 70 eV로 하였고 운반기체로는 helium을 유량 0.8 ml로 하여 사용하였으며 시료 주입은 0.3 μ l를 split mode(ratio = 100 : 1)로 주입하였다. 각 성분은 GC/MSD에 의해 얻어진 total ion chromatogram에서 각 성분의 mass spectrum을 표준 mass spectrum과 비교하고 표준품과 머므름 시간을 비교하여 확인하였다.

결과 및 고찰

제조된 추출물들의 주요 특성

당귀 뿌리를 원료로 하여 oleoresin 및 absolutes 형태로 제조된 당귀 추출물들의 주요 이화학적 특

Table 1. Physical properties of oleoresin and absolutes produced from the domestic angelica root

Specification	Oleoresin	Absolutes
Yield(%)	53	3
Solubility	Water-soluble	Ethanol-soluble
S.G(at 20℃) ¹⁾	-	1.010
Brix(at 20℃)	Upper to 80	-
Odor description	Herbaceous, woody, spicy	Herbaceous, woody, earthy, spicy, peppery

¹⁾ : Specific gravity(d_{20}^{20})

성을 비교한 결과를 표 1에 나타냈다.

Table 1에서 보면 제조수율은 oleoresin 53%, absolutes 3%로 나타났고 용해성은 oleoresin은 제조담배에 casing용으로 사용이 가능한 수용성이며 absolutes는 에틸 알코올 용해성으로 top flavor에 적합한 것으로 나타났다. 그 외 absolutes의 비중은 1.010으로 유동성은 양호한 것으로 확인되었으며 oleoresin은 장기보관시 변질을 방지하기 위해 고형분 함량 80%의 solid type으로 제조하였다. 두 향료물질의 외향특성을 관능검사에 의해 비교해 보면 oleoresin은 herbaceous, woody, spicy한 향 특성을 나타내었고 absolutes는 herbaceous, woody, earthy, spicy, peppery한 향 특성을 나타내었는데 absolutes가 oleoresin에 비해 관능적으로 강한 향 강도를 갖고 있는 것으로 확인되었다.

향기성분 비교

국내산 당귀 뿌리를 원료로하여 oleoresin 및

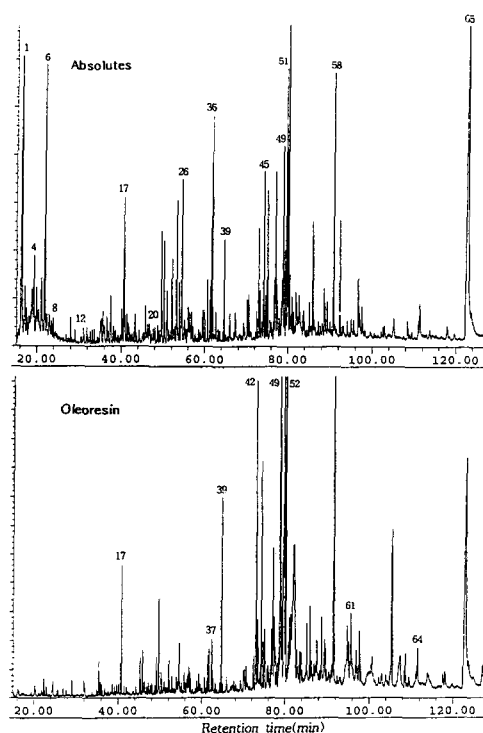


Fig 1. Total ion chromatograms of volatile components isolated from Angelica root extract.

국내산 참당귀 추출물의 휘발성 향기성분

Table 2. Volatile components identified from the domestic angelica root oleoresin and absolutes

Peak No.	Compounds	Peak area(%)	
		Oleoresin	Absolutes
1	Undecane	- ¹⁾	5.11
2	β -Pinene	-	0.52
3	Sabinene	-	0.66
4	2-Methylundecane	-	1.53
5	α -Phellandrene	0.22	0.68
6	Dodecane	0.10	3.10
7	Limonene	0.22	0.49
8	β -Phellandrene	0.12	0.44
9	p-Cymene	0.09	0.09
10	α -Terpinene	0.06	-
11	Tridecane	-	0.19
12	Isobutyl hexanoate	0.13	0.15
13	Dimethylpropylbenzene	-	0.12
14	Durene	-	0.10
15	Acetic acid	0.11	0.13
16	α -Ylangene	-	0.37
17	Pentadecane	1.04	1.14
18	Isodurene	-	0.37
19	Bornyl acetate	0.12	0.21
20	β -Elemene	0.09	0.39
21	β -Cubebene	-	0.15
22	Widdrene	0.09	0.17
23	Caryophyllene	0.11	0.45
24	Borneol	-	0.20
25	Verbenone	-	0.54
26	α -Muurolene	-	1.64
27	γ -elemene	0.13	0.33
28	Farnesene	0.13	0.09
29	Azulene	-	0.50
30	δ -Cadinene	0.17	0.27
31	Citronellol	0.15	-
32	1-Methyl-4-(1,2,2-trimethylcyclopentyl)benzene	-	0.26
33	Carveol	-	0.52
34	Trimethylbenenemethanol	0.14	0.37
35	Cumic alcohol	0.33	0.83
36	Hexanoic acid	0.42	1.87
37	Guaiacol	0.59	0.10
38	Benzyl alcohol	-	0.15
39	BHT	1.59	0.70
40	Phenol	0.22	-

Table 2. 계속

Peak No.	Compounds	Peak area(%)	
		Oleoresin	Absolutes
41	Octanoic acid	0.33	0.24
42	Elemol	2.92	0.86
43	Guaiol	0.65	0.40
44	4-Methylphenol	0.17	-
45	γ -Selinene	2.19	1.49
46	Spathulenol	0.62	1.18
47	β -Selinene	2.14	2.12
48	Farnesol	1.04	0.59
49	Methyl palmitate	6.49	1.47
50	Guaiene	-	0.23
51	α -Eudesmol	3.49	2.25
52	β -Eudesmol	6.12	4.87
53	Ethyl palmitate	2.02	0.60
54	Hexadecanol	-	0.88
55	Methyl oleate	-	0.41
56	3,4-Dimethoxymethyl benzoate	0.49	0.25
57	Benzoic acid	0.26	-
58	Methyl linoleate	-	2.09
59	Ethyl linoleate	-	0.93
60	Methyl linolenate	-	0.19
61	Vanillin	1.13	0.25
62	9-Octadecen-1-ol	-	0.75
63	Hydroxymethoxymethyl benzoate	0.68	0.43
64	Pentadecanoic acid	0.70	0.63
65	Hexadecanoic acid	7.79	12.67

¹⁾ : Not detected

absolutes 형태로 제조된 당귀추출물에서 용매추출 방법으로 분리된 향기성분의 total ion chromatogram을 Fig 1에 나타내었고 확인된 성분들은 Table 2와 같다. Table 2에 수록된 분포조성비는 각 peak의 면적조성비를 나타낸 것이며 peak의 번호는 확인된 성분들 중 chromatogram 상에서 머므름 시간이 빠른 순서로 번호를 표기한 것이다. Table 2에 나타낸것 처럼 당귀추출물들에서 분리된 휘발성 성분들로 부터 표준품과의 mass spectrum 비교 및 GC 머므름 시간의 비교에 의해 oleoresin에서는 41종, absolutes에서는 60종의 모두 65종의 성분을 확인하였다. 확인된 성분을 기능기별로 나누어 보

면 oleoresin에서는 monoterpene 및 sesquiterpene 화합물들을 포함하는 hydrocarbon 성분들이 15종, terpene alcohol 화합물들을 포함하는 alcohol 성분들이 12종, acid 성분 6종, ester 6종 및 기타 성분이 2종으로 나타났고 absolutes에서는 hydrocarbon 28종, alcohol 14종, acid 5종, ester 10종 및 기타 성분 3종으로 확인되었다.

Peak area(%)에 의한 양적인 면을 비교하여 보면 oleoresin에서는 elemol (2.92%), γ -selinene (2.19%), β -selinene(2.14%), farnesol(1.04%), α -eudesmol(3.49%) 및 β -eudesmol(6.12%) 등의 sesquiterpene 및 sesquiterpene alcohol류와 methyl

palmitate(6.49%), ethyl palmitate(2.02%) 등의 지방산 ester류, pentadecanoic acid(0.70%), hexanoic acid(7.79%) 등의 지방산류가 주요 성분으로 확인되었다. Absolutes 형태로 제조된 당귀추출물에서는 undecane(5.11%), 2-methylundecane(1.53%), dodecane (3.10%), pentadecane(1.14%) 등의 hydrocarbon류와 β -pinene(0.52%), sabinene(0.66%), α -phellandrene(0.68%), β -phellandrene(0.44%), cumic alcohol(0.83%) 등의 monoterpene 및 monoterpene alcohol류, α -muurolene(1.64%), γ -selinene(1.49%), β -selinene(2.12%), α -eudesmol(2.25%), β -eudesmol(4.87%) 등의 sesquiterpene 및 sesquiterpene alcohol류, methyl palmitate(1.47%), methyl linoleate(2.09%), ethyl linoleate (0.93%) 등의 지방산 ester류와 hexanoic acid (1.87%), hexadecanoic acid (12.67%) 등의 acid류 등이 주요 성분으로 확인되었다.

최근들어 당귀는 유럽 지역에서 많이 재배되고 있는데 유럽산 당귀(*Angelica archangelica* L.)의 향기성분 조성의 주요 특징은 coumarin, osthenol, angelicin 등의 coumarin계 화합물과 당귀의 musky note 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 ω -tridecanolide, ω -pentadecanolide 등의 macrocyclic lactone 화합물을 많이 함유하고 있다는 것인데(Foster 1996) 본 연구에서 확인된 국내산 당귀 추출물에서는 위와 같은 성분들은 확인되지 않았다.

반면에 당귀의 herbaceous, spicy, woody한 향 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려진(Leffingwell, 1997) β -pinene, sabinene, limonene, α -phellandrene, β -phellandrene, caryophyllene, γ -selinene, β -selinene 등의 terpene 화합물들이 국내산 당귀추출물에서 많이 확인되었는데 이들은 monoterpene 화합물이 부드럽고 woody, piney, spicy한 향 특성을 나타내는 반면에 sesquiterpene 화합물들은 지속성이 강하고 woody, spicy 특성을 나타내나 향 강도가 약한 것으로 알려져 있으며 특히 α -phenllandrene, β -phellandrene은 spicy note, β -pinene, selinene 등은 woody 향 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Arctander, 1969; Furia 등, 1975). Table 2에 나타낸 것 처럼 위에

언급한 당귀 향의 주요 성분들인 terpene 화합물들은 oleoresin에 비해 absolutes에서 더 많이 확인되었으며 양적으로도 absolutes 형태의 추출물에서 많이 함유되어 있는 것으로 나타났고 관능에 의한 향 강도의 비교에서도 absolutes 형태의 추출물이 oleoresin에 비해 강한 것으로 나타났다. 또한 alcohol 화합물인 α -eudesmol, β -eudesmol이 oleoresin과 absolutes에서 모두 많은 양이 함유되어 있는 것으로 확인되었는데 이들 성분은 eucalyptus oil, araucaria oil 등의 주성분으로 알려져 있고 (Connolly 등, 1991) 향은 약하나 부드럽으며 sweet-woody, floral한 향 특성을 갖는 것으로 알려져 있다(Arctander, 1969).

그 외에도 methyl palmitate, methyl linoleate, ethyl linoleate 등의 지방산 ester 화합물들이 주요 성분으로 확인되었는데 이들 성분들은 담배 맛에 완화감을 부여하며 oily, fatty한 향 특성을 나타내나 향 강도는 매우 약한 것으로 알려져 있다 (Leffingwell, 1972). 또한 hexanoic acid, pentadecanoic acid, hexadecanoic acid 등의 acid 화합물들이 주요 성분으로 확인되었는데 이들 acid 성분들은 담배연기의 pH를 중화하는 효과를 갖는다.

Leffingwell (1997)의 보고에 의하면 당귀 추출물들이 담배의 맛과 향에 미치는 영향은 herbaceous, sweet-musky, woody, spicy 특성을 부여하는 것인데 국내산 당귀를 원료로 하여 제조된 추출물들은 musk note 관련성분들인 lactone 화합물들이 확인되지 않아 musk note는 약하나 그 외 당귀 향의 주요 특성인 herbaceous, woody, spicy 향 특성 관련 성분들이 주요 성분으로 확인되어 담배의 맛과 향에 위와 같은 특성을 부여할 것으로 생각된다.

결 론

국내산 당귀(*Angelica gigas* Nakai)의 담배향료로의 활용 가능성을 모색하기 위해 당귀 뿌리를 원료로 하여 수용성의 oleoresin 및 알코올에 용해되는 absolutes의 제조담배에 적용이 가능한 추출물 형태의 가향료를 제조하였다. 제조된 추출물들의 향기성분을 용매추출법으로 분리하여 GC 및 GC/MSD로 확인하고 두 추출물간의 향기성분 조

성과 특징을 비교하였다. GC 및 GC/MSD chromatogram 상에서 65개 성분 peak를 확인하였는데 그 중 oleoresin 형태로 제조된 추출물에서는 41개 성분을 확인하였으며 hexadecanoic acid (7.79%), pentadecanoic acid (0.70%) 등의 지방산류, methyl palmitate (6.49%), ethyl palmitate (2.02%) 등의 지방산 에스테르 화합물과 elemol (2.92%), γ -selinene (2.19%), β -selinene (2.02%), α -eudesmol (3.49%), β -eudesmol (6.12%) 등의 sesquiterpene 및 sesquiterpene alcohol류가 주요 성분으로 확인되었다. Absolutes 형태로 제조된 추출물에서는 60개 성분을 확인하였으며 주요 향기성분으로는 undecane (5.11%), dodecane (3.10%), pentadecane (1.14%) 등의 탄화수소류, β -pinene (0.52%), sabinene (0.66%), α -phellandrene(0.68%) 등의 monoterpene류, α -muurolene (1.64%), γ -selinene (1.49%), β -selinene (2.12%), α -eudesmol (2.25%), β -eudesmol (4.87%) 등의 sesquiterpene 및 sesquiterpene alcohol류와 hexanoic acid (1.87%), pentadecanoic acid (0.63%), hexadecanoic acid (12.67%) 등의 지방산 성분들이 확인되었다.

참 고 문 헌

- 김종원, 김정희, 김창민, 김태희, 배기환 (1985) 현 대생약학, 3rd ed. p.326. 한국학습교재사
- Abdallah, F. (1970) Can tobacco quality be measured. Lockwood Publishing Co, New York, USA.
- Arctander, S. (1969) Perfume and flavor chemicals. 1st ed. The author Ed., Montclair, USA.
- Connolly, J. D. and Hill, R. A. (1991) Dictionary of terpenoids. 1st ed. p.331. Chapman & Hill, London, UK.
- Formacek, V. and Kubeczka, K. H. (1982) Essential oils analysis by capillary gas chromatography and carbon-13 NMR spectroscopy. J. Wiley & Sons Ltd., New York, USA.
- Forsen, K. (1979) Aroma constituents of *Angelica archangelica* variations in the composition of the essential oil of strains of var. *norvegica* and var. *sativa*. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stn.*, 15; 1-7
- Foster, S. and Leung, A. Y. (1996) Encyclopedia of common natural ingredients. 2nd ed. p.32. Leung Ed., J. Wiley & Sons Ltd., New York, USA.
- Furia, T. E. and Bellanca, N. (1975) Fenaroli's handbook of flavor ingredients 2nd ed. CRC Press, Cleveland, USA.
- Groom, N. (1992) The perfume handbook. 1st ed. p.9. Chapman & Hill, London, UK.
- Kallio, H. Huopalahti, R. Nykanen, A. and Ojala, A. (1987) Extraction of angelica root with liquid carbon dioxide. In flavor science and technology. p.111. Martens, M. Dalen, G. A. and Russwurm, H. ed., J. Wiley & Sons Ltd., New York, USA.
- Lawrence, B. M. (1977) Progress in essential oils. *Perfumer & flavorist*, 1(6); 31-34.
- Lawrence, B. M. (1981) Progress in essential oils. *Perfumer & flavorist*, 6(3); 46-49.
- Lawrence, B. M. (1982) Progress in essential oils. *Perfumer & flavorist*, 7(2); 35-40.
- Lawrence, B. M. (1989) Progress in essential oils. *Perfumer & flavorist*, 14(4); 41-56.
- Lawrence, B. M. (1996) Progress in essential oils. *Perfumer & flavorist*, 21(5); 57-69.
- Leffingwell, J. C., H. J. Young and E. Bernasek (1972) Tobacco flavoring for smoking products. R. J. Reynold Tobacco Co, Winston-Salem, USA.
- Leffingwell, J. C., (1997) Flavor-base : GRAS natural flavoring report. Leffingwell & Associates, Georgia, USA.
- Masada, Y. (1976) Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. J. Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Matsukura, T. (1981) On angelica archangelica oil and amyris balsamifera oil. *Koryo*, 134; 11-18
- Nykanen, I. Nykanen, L. and Martti, A. (1991) Angelica root oils; Composition of angelica

- root oils obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation. *J. Essent. oil Res.*, 3(4); 229-236.
- Ojala, A. Huopalahti, R. Nykanen, A. and Kallio, H. Variation of *Angelica archangelica* subsp. *archangelica*(Apiaceae) in northern fennoscandia. *Ann. Bot. Fennici*, 23; 325-332.
- Parczewski, A. (1963) Essential oils of native plants from the family Umbelliferae, VII. Essential oils of *Angelica archangelica* fruits. *Diss. Pharm.*, 15(1); 35-42.
- Racz, G. Tibori, G. Csedo, C. and Kiss, I. (1978) Composition of the essential oil of *Angelica archangelica*. *Rev. Med. (Tirgn-Mures, Romania)*, 24(1); 10-12.
- Taskinen, J. (1975) 12-methyl-omega-tridecanolide, a new macrocyclic lactone from angelica root oil. *Acta Chem. Scand.* 29B; 637-639.
- Taskinen, J. and Nykanen, N. (1975) Chemical composition of angelica root oil. *Acta Chem. Scand.* 29B; 757-764.
- TR Staff. (1994) Safe cigarette flavorings not a risk, says independent panel. *Tobacco reporter*, July; 32-39.